

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE AGUAS RESIDUALES DE LA
EMPRESA GECELCA 3 S.A.S. E.S.P**

PRESENTADO POR:

JAIR ALEXANDER CLIMACO MONTESINO

**PROYECTO PRESENTADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
MECÁNICO EN LA MODALIDAD DE PRÁCTICA EMPRESARIAL**

DIRECTOR UNIVERSIDAD:

VALÉRY JOSÉ LANCHEROS SUÁREZ

DIRECTOR EMPRESA:

ING. JUAN BARANDICA

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA.
MONTERÍA-CÓRDOBA**

2018

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO PARA EL ÁREA DE AGUAS RESIDUALES DE LA
EMPRESA GECELCA 3 S.A.S. E.S.P**



PRESENTADO POR:

JAIR ALEXANDER CLIMACO MONTESINO

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA
2018**

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto, serán responsabilidad de los autores. Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.

Nota de aceptación

VALÉRY JOSÉ LANCHEROS SUÁREZ

Director

YAHIR ENRIQUE GONZÁLEZ DORIA

Jurado

BERNARDO JOSE LUJAN ESQUIVIA

Jurado

DEDICATORIA

Quiero agradecer Primeramente a mis padres Horacio Climaco Urango y Saida del Carmen Montesino Quiroz por brindarme todo su apoyo, su aliento, enseñanzas su amor para crecer como persona en cada momento para convertirme en un buen profesional a mi hermano y hermana Andrés Felipe Climaco Montesino y Daniela Climaco Montesino por estar siempre a mi lado y brindarme cualquier apoyo que necesitara. A mis amigos Angie Daniela Montes Alvares, Manuel Nova Arrieta, Gabriel José Borjas Márquez, Daniel Noriega, David Castillo, José Gregorio Correa Echeverria, Cristian Davis Araujo por brindarme su amistad y apoyo en todo momento. A los docentes del programa de Ingeniería Mecánica por inculcarme todo sus conocimientos y consejos de manera integral para formarme como profesional enfocado a contribuir en el buen desarrollo de la sociedad. Al ingeniero Valery José Ianchero Suarez por estar presente en todo el proceso educativo y por brindarme el acompañamiento necesario para culminar el presente documento. A la empresa Gecelca 3 S.A.S. por darme la oportunidad de ser parte del equipo de trabajo. A los ingenieros Juan Camilo Barandica, Iván Charris, Andrés Romero por su acompañamiento, enseñanzas y consejos durante el proceso. A todas las personas que estuvieron involucradas de manera directa o indirecta en este proceso mil y mil gracias a todos.

Tabla de contenido

1	PRESENTACION DE LA EMPRESA.....	8
1.1	HISTORIA.....	10
1.2	ANTECEDENTES DEL PROYECTO GECELCA 3	10
1.3	MISIÓN	11
1.4	VISIÓN	11
1.5	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA GECELCA S.A E.S.P.....	11
1.6	SERVICIOS	12
1.7	INSTALACIONES FISICAS	13
1.7.1	Oficinas administrativas	13
1.7.2	Central Térmica de la Guajira - Termoguajira	14
2	DESCRIPCIÓN Y FORMULACION DEL PROBLEMA	15
3	JUSTIFICACION.....	¡Error! Marcador no definido.
4	OBJETIVOS.....	16
4.1	OBJETIVO GENERAL	16
4.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
5	DESCRIPCIÓN DEL AREA DE TRABAJO.....	17
5.1	Organigrama del área de mantenimiento	18
5.2	Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales	18
5.3	Tratamiento de aguas residuales de Carbón.....	20
5.4	Tratamiento de aguas residuales de ceniz.....	21
5.5	Tratamiento de aguas residuales Industriales	22
5.6	Tratamiento de aguas residuales domesticas	22
6	Actividades programadas	23
7	Actividades Desarrolladas.....	23
7.1	Etapas de diagnóstico	23
7.1.1	Recolección de datos generales de Gecelca y Gecelca 3.....	23
7.1.2	Infraestructura.....	24
7.1.3	Equipos	28
7.1.4	Personal	28
7.1.5	Presupuesto de Mantenimiento Mecánico.....	30
7.2	Realización de la clasificación y jerárquica de los equipos según su importancia	30

7.3	Diseño del plan de mantenimiento.....	36
7.4	Implementación del modelo de mantenimiento	39
7.4.1	Ejecución de actividades	41
7.4.2	Finalización de la actividad.	42
7.5	Resultados	48
7.5.1	Infraestructura.....	48
7.5.2	Personal	48
7.5.3	Herramientas.....	49
7.5.4	Equipos	49
7.6	Aportes del estudiante.....	53
8	Conclusiones	54
9	Recomendaciones.....	55
10	BIBLIOGRAFIA	56

1 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

La abreviatura GECELCA S.A. E.S.P corresponde a la empresa Generadora y comercializadora de energía del caribe que tiene participación en el mercado de gas natural en Colombia, y que se ha convertido en un “soporte térmico” en caso de déficit de energía eléctrica, por tanto, brinda solidez y respaldo al sistema eléctrico nacional. En la Figura 1 se muestra el logo de la empresa.

Figura 1. Logo GECELCA S.A. E.S.P



Fuente: (Gecelca S.A. E.S.P)

GECELCA S.A. E.S.P cuenta con dos centrales, la CENTRAL TERMOGUAJIRA ubicada en el municipio de Dibulla – Departamento de la Guajira con una capacidad neta de 286 MW y la CENTRAL GECELCA 3 ubicada en el municipio de Puerto libertador, el cual se encuentra en la parte sur del Departamento de Córdoba Colombia como lo muestra la figura No 2.

Figura 2. Ubicación de Puerto-Libertador en Colombia y Córdoba



Fuente: (CARBONES DEL CARIBE S.A., 2008)

A la termoeléctrica que se encuentra en Puerto Libertador se le asignó el nombre de GECELCA 3, en la figura 3a y 3b se muestra una imagen aérea este municipio cordobés con su respectiva bandera.

Figura 3a. Municipio de puerto libertador



Fuente: Coronado, A. (2017). de
<https://www.google.com.co/maps>

Figura 3b. Bandera de Puerto libertador



Fuente:
<http://puertolibertadorcordoba.micolombiadigital.gov.co>

:

En la actualidad la CENTRAL GECELCA 3 cuenta con dos plantas térmicas denominadas, GECELCA 3.0 Y GECELCA 3.2 con una capacidad instalada de 164 MW y 240 MW respectivamente, sin embargo, solo GECELCA 3.0 está participando en el mercado nacional en Colombia, y GECELCA 3.2 se encuentra en fase de prueba.

El logo del proyecto Gecelca 3 se muestra en la figura 4, el cual tiene adherido el número tres, en razón a que fue el tercer diseño de la termoeléctrica que se presentó y fue seleccionado para ser ejecutado.

Figura 4. Logo PROYECTO GECELCA 3 S.A.S E.S.P.



Fuente: GECELCA 3 S.A.S

1.1 HISTORIA

La GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A. E.S.P. – GECELCA, es una empresa de servicios públicos de nacionalidad colombiana, constituida como sociedad por acciones, del tipo de las anónimas, sometidas al régimen de los servicios públicos domiciliarios y que ejerce sus actividades dentro del ámbito del derecho privado como empresario mercantil. Fue creada según escritura pública No. 747 del 6 de abril de 2006 e inició operación comercial en el mercado de energía mayorista del sector eléctrico colombiano el primero (1°) de febrero de 2007.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO GECELCA 3

En la primera subasta para la asignación de obligaciones de energía firme (OEF) en Colombia desarrollada por la CREG (Comisión de Regulación de Energías y Gas) (6 de mayo de 2008) GECELCA participó con su proyecto GECELCA 3, presentando una planta de generación termoeléctrica a carbón de 164MW, a la que le asignaron obligaciones de energía firme (OEF), para el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2012 y el 30 de noviembre de 2032 (20 años).

Posteriormente en octubre del 2008 se suscribe el contrato para asesoría, apoyo y acompañamiento durante el desarrollo de estudios de innovación estratégica e ingeniería básica del mismo proyecto y en agosto del 2009 se realiza la adquisición del predio donde se desarrollaría el proyecto, correspondiente a un área ubicada en jurisdicciones del municipio de puerto libertador con fuentes cercanas del combustible a utilizar , carbón, lo que le da la categoría de central en boca de mina y con fuentes de agua cercanas (rio San Pedro y San Jorge).

Durante el proceso de solicitud abierta de ofertas nacionales e internacionales en los que se especificaban los procedimientos y estatutos de contratación de la empresa, se presentaron propuestas del consorcio CUCDTC, integrado por las firmas china UNITED ENGINEERING CORPORATION (CUC) y Dongfang Turbine Co. Ltd (DTC), quienes fueron seleccionados por haber cumplido con todos los requisitos establecidos en los términos de la solicitud abierta de ofertas.

El contrato EPC-Llave en mano, fue suscrito entre el citado consorcio y GECELCA en diciembre de 2010, y tiene como objeto el desarrollo de la ingeniería, adquisición construcción, instalación y puesta en operación comercial de la central GECELCA 3 bajo la total autonomía técnica y administrativa del consorcio CUC-DTC.

En abril de 2010 el ministerio de medio Ambiente vivienda y desarrollo territorial otorga licencia ambiental que da vía libre a la ejecución del proyecto, de acuerdo con el cumplimiento de ciertas condiciones que GECELCA S.A ha venido cumpliendo a cabalidad (Gecelca S.A. E.S.P)

1.3 MISIÓN

Generar y comercializar energía con el propósito de satisfacer las necesidades de nuestros clientes, impulsando el desarrollo económico con servicios de alta calidad y eficiencia, fundamentados en el crecimiento integral de nuestro talento humano, el mejoramiento continuo y la preservación del medio ambiente, buscando la generación de valor empresarial, con alta responsabilidad social.

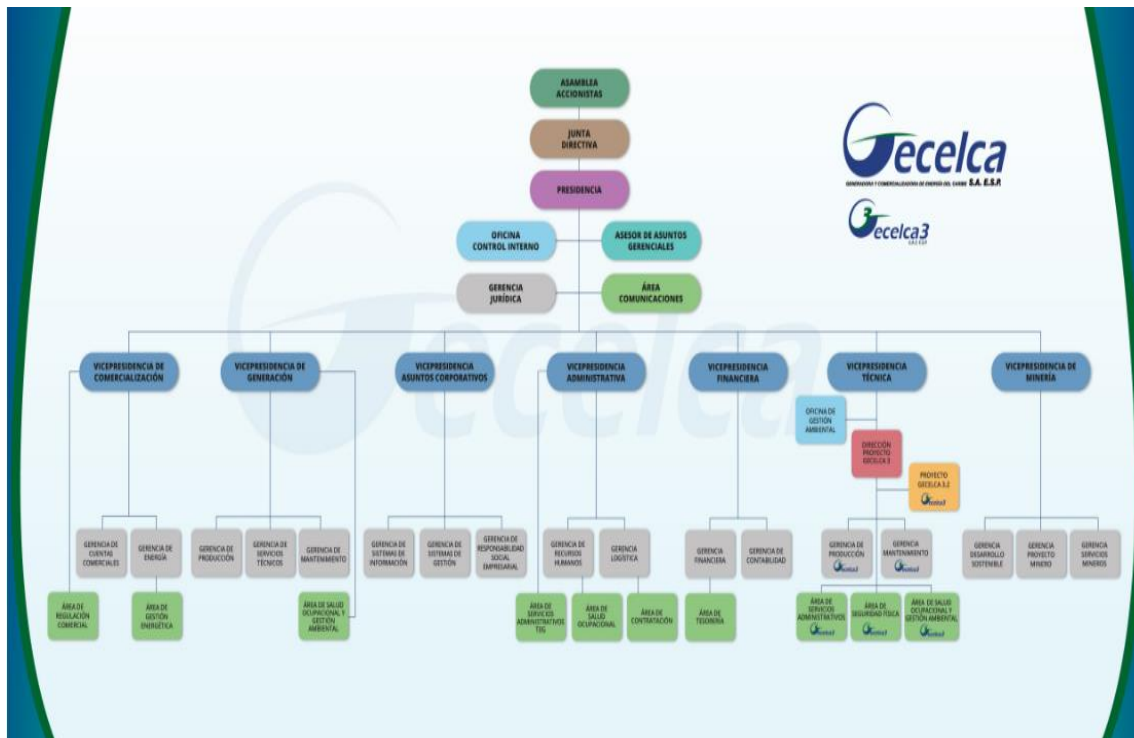
1.4 VISIÓN

Disponer en el 2030 con una capacidad efectiva neta de 1500 MW

1.5 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA GECELCA S.A E.S.P.

El organigrama de la empresa GECELA S.A E.S.P. mostrado en la figura 5 muestra de manera jerárquica que la Asamblea de accionistas es la máxima autoridad seguida de la junta directiva y el presidente, que son apoyados por la oficina de control interno, asesor de asuntos gerenciales, gerencias jurídicas y el área de comunicaciones.

Figura 5. Organigrama de GECELCA S.A E.S.P.



Fuente: GECELCA S. E.S.P

1.6 SERVICIOS

La comercialización de energía eléctrica es la actividad que consiste en la compra y venta de energía eléctrica en el mercado mayorista y a la venta de este recurso energético a otras operaciones de este mismo mercado o a los usuarios finales, conforme a lo señalado en el artículo 1 de la Resolución CREG 024 de 1994. GECELCA S.A. E.S.P., es una empresa que se esfuerza por atender oportuna y efectivamente las necesidades y solicitudes de sus clientes.

Toda decisión con relación al proceso de comercialización de energía eléctrica se fundamenta en la normatividad vigente aplicable y en los procedimientos establecidos por la empresa para su estricto cumplimiento. para ello, GECELCA S.A. E.S.P. también tiene en cuenta los siguientes lineamientos para la toma de decisiones:

- Revisar periódicamente la evolución de las variables hidrológicas del país tales como: reservas y aportes hídricos, y en general las condiciones esperadas de hidrología.

- Hacer seguimiento a los comportamientos de precio de bolsa del mercado de energía mayorista, así como a las proyecciones realizadas por el administrador del mercado.
- Analizar los informes del administrador del mercado sobre el comportamiento de los precios de contratos y de transacciones en la bolsa de energía.
- Analizar los escenarios de proyección de demanda de energía del país publicada por la unidad de planeación minero-energética colombiana (UPME).
- Conocer el plan de mantenimiento anual de las plantas propias y comercializadas por GECELCA y estimar la energía disponible para la venta a los clientes no regulados y agentes del sector.
- Revisar los precios y cantidades contratadas por los agentes generadores y comercializadores a través de convocatorias de compra de energía para el mercado regulado.
- Inspeccionar el cronograma de construcción y operación de los nuevos proyectos de generación y así Identificar los aumentos en la capacidad instalada del país

1.7 INSTALACIONES FISICAS

1.7.1 Oficinas administrativas

Las oficinas administrativas de la empresa GECELCA S.A. E.S.P. se encuentran ubicadas en la ciudad de barranquilla – Departamento del Atlántico con dirección carrera 55 # 72 - 109 Piso 9 - Edificio Centro Ejecutivo II

Figura 6. Edificio ejecutivo II ciudad de Barranquilla – Atlántico



Fuente: <https://www.google.com.co/maps>

1.7.2 Central Térmica de la Guajira - Termoguajira

La Central Térmica de la Guajira – Termoguajira que se muestra en la figura 7, se encuentra ubicada en el lote: Ciento cincuenta (150) hectáreas a seis (6) Kilómetros de Mingueo sobre la litoral Atlántico con las siguientes Coordenadas Geográficas: Latitud Norte 11° 15' 34'', Longitud Oeste 73° 24' 14'' Corregimiento: Mingueo, ochenta Kilómetros sobre la Troncal del Caribe, municipio de Dibulla – Guajira

Figura 7. Central Termoguajira



Fuente: Gecelca.com.co

La CENTRAR GECELCA 3 S.A.S. E.S.P. que se muestra en la figura 8, se encuentra ubicada en el municipio de Puerto Libertador - Departamento de Córdoba Colombia., con coordenadas Geográficas: Latitud Norte 7.994333, Longitud Este -75.594168; La central cuenta con las siguientes áreas, Planta de agua que va desde la captación del agua en bocatoma hasta el final del proceso de tratamiento de agua para el proceso, también cuenta con el área de caldera constituido por todos los elementos encargados del correcto funcionamiento de esta, el área de carbón el cual va desde el patio de almacenamiento hasta las bandas transportadoras, el área de caliza que va desde el patio de caliza hasta el sistema de transporte de esta, asimismo tienen el área de recirculación, área de tratamiento de aguas residuales, Turbo-grupo y Maquinaria amarilla.

Figura 8. Instalación física de la central GECELCA 3 S.A.S. E.S.P.



Fuente: Gecelca.com.co

2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACION DEL PROBLEMA

El agua es uno de los elementos que se encuentran en mayor cantidad en el planeta, y que ha sido explotado en las últimas décadas en la agricultura y la industria sin tener en cuenta los efectos que podrían tener este tipo actividades en relación con su calidad y el medioambiente. En los últimos años cada vez más, se escucha hablar sobre las políticas medioambientales y términos como sostenibilidad ambiental, impacto ambiental entre otras y de la sensibilidad por parte de la sociedad, los gobiernos y sectores como las centrales térmicas, donde el consumo de este recurso es relativamente alto.(Alba, 2010) .

La EMPRESA GECELCA 3 S.A.S. E.S.P. no es ajena a las políticas medioambientales, al contar con un área de tratamiento de aguas residuales que comprende domésticas, de carbón, de ceniza e industriales, donde las aguas residuales domesticas llegan a una laguna de oxidación para terminar el proceso de purificación del recurso hídrico; los residuos de carbón son depositados en patio de carbón para posteriormente ser utilizado en el proceso de generación de energía, por otro lado los residuos de ceniza son depositados en el patio de ceniza para posteriormente ser usado como parte del lecho fluidizado en la caldera.

Para el tratamiento de aguas residuales de carbón y ceniza; los equipos, máquinas y sistemas deben mantenerse en buen estado para realizar los procesos. Sin embargo, la empresa no cuenta con actividades de mantenimiento en aproximadamente 50% de esta área la cual consta de la planta de aguas residuales de carbón y aguas residuales de ceniza.; por consiguiente, en diferente sitio este recurso hídrico se encuentra represada y contaminada. Estando en condiciones, no puede ser reutilizada en ningún tipo de proceso, para contribuir con un ahorro eficiente del agua como lo establece la ley 373 de 1997 (Corte Constitucional, 1991).

3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realiza con el fin de mejorar la gestión de mantenimiento, teniendo en cuenta que la situación actual de la planta de aguas residuales no es satisfactoria para la empresa ya que en GECELCA 3 se consume aproximadamente 5000 L/día para el lavado de cuatro equipos de maquinaria amarilla, y 42500 L/h aproximadamente para el humedecimiento de la ceniza en los silos, lavado de las bandas de carbón, y el riego del patio de carbón y ceniza que puede realizarse con agua trata. De esta manera GECELCA3 S.A.S E.S.P identificó la necesidad de llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento para así disminuir el impacto ambiental y a la vez alcanzar sus objetivos mediante actividades de inspección, mejoramiento y mantenimiento de los equipos, con el fin de disminuir fallos inesperados, tiempos muertos, y contaminación del agua, ayudando así a la preservación del medioambiente e impulsando la prestación de servicios de alta calidad y eficiencia.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento para el área de aguas residuales de carbón en la empresa Gecelca3 S.A.S. E.S.P, a partir de los distintos modelos de gestión.

4.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico del estado actual del mantenimiento, para determinar la brecha existente entre lo que se está realizando y lo que debe tenerse en cuenta en un sistema de mantenimiento para el área de aguas residuales tales que ayuden a cumplir con el objetivo general.

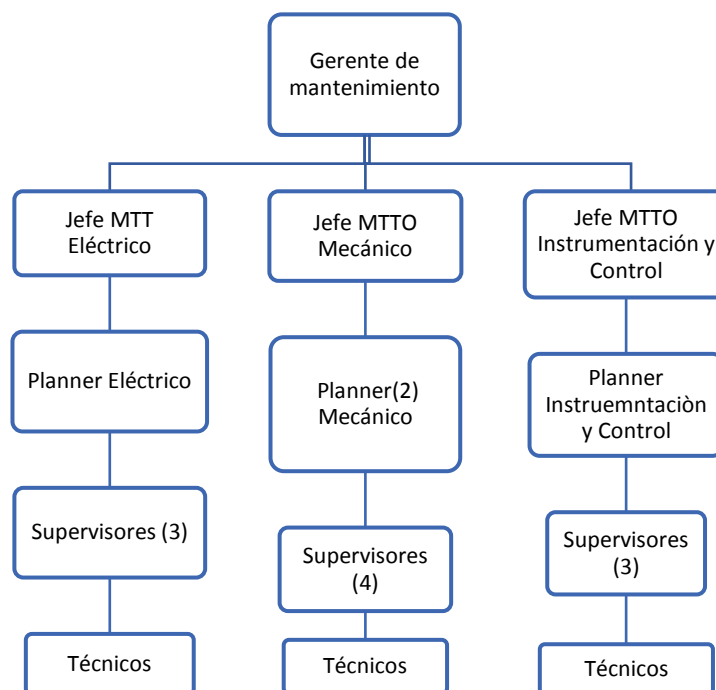
- Diseñar un plan de mantenimiento estableciendo las diferentes actividades que se deben realizar para la planeación del sistema de gestión, teniendo en cuenta los modelos de gestión que puedan aplicarse.
- Implementar las actividades de mantenimiento planeadas, por medio del registro manual y de computador, para mejorar los hallazgos del diagnóstico del área de aguas residuales.

5 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE TRABAJO

El puesto de trabajo en la empresa Gecelca 3 es de estudiante en práctica en el área de gerencia de mantenimiento, la cual es dirigida por el gerente de mantenimiento, Juan Carlos De La Paz Herrera Ingeniero mecánico, el cual está a cargo de la gestión correspondiente a las tres áreas de mantenimiento, área mecánica, eléctrica y de instrumentación y control, dirigida respectivamente por un jefe encargado, un Ingeniero Mecánico Juan Camilo Barandica (Coautor de presente documento) , un ingeniero de instrumentación y control y un Ingeniero eléctrico respectivamente. Seguidamente de forma jerárquica cada jefe tiene a su disposición un planner o planeador, encargado de apoyar en la planeación de las actividades de mantenimiento de cada área, cabe resaltar que el área de mantenimiento mecánico cuenta con dos planners debido al volumen de trabajo que conlleva. A su vez el área cuenta con cuatro supervisores encargados de dirigir, acompañar y llevar el control de las actividades planeadas, los supervisores se reparten en turnos (Tres días de trabajo diurno, tres nocturnos y cuatro de descanso). De esta forma dichas actividades serán ejecutadas por los técnicos disponibles. A continuación, se muestra un esquema de cómo se encuentra organizada el área de mantenimiento en Gecelca 3.

5.1 Organigrama del área de mantenimiento

Figura 9. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa

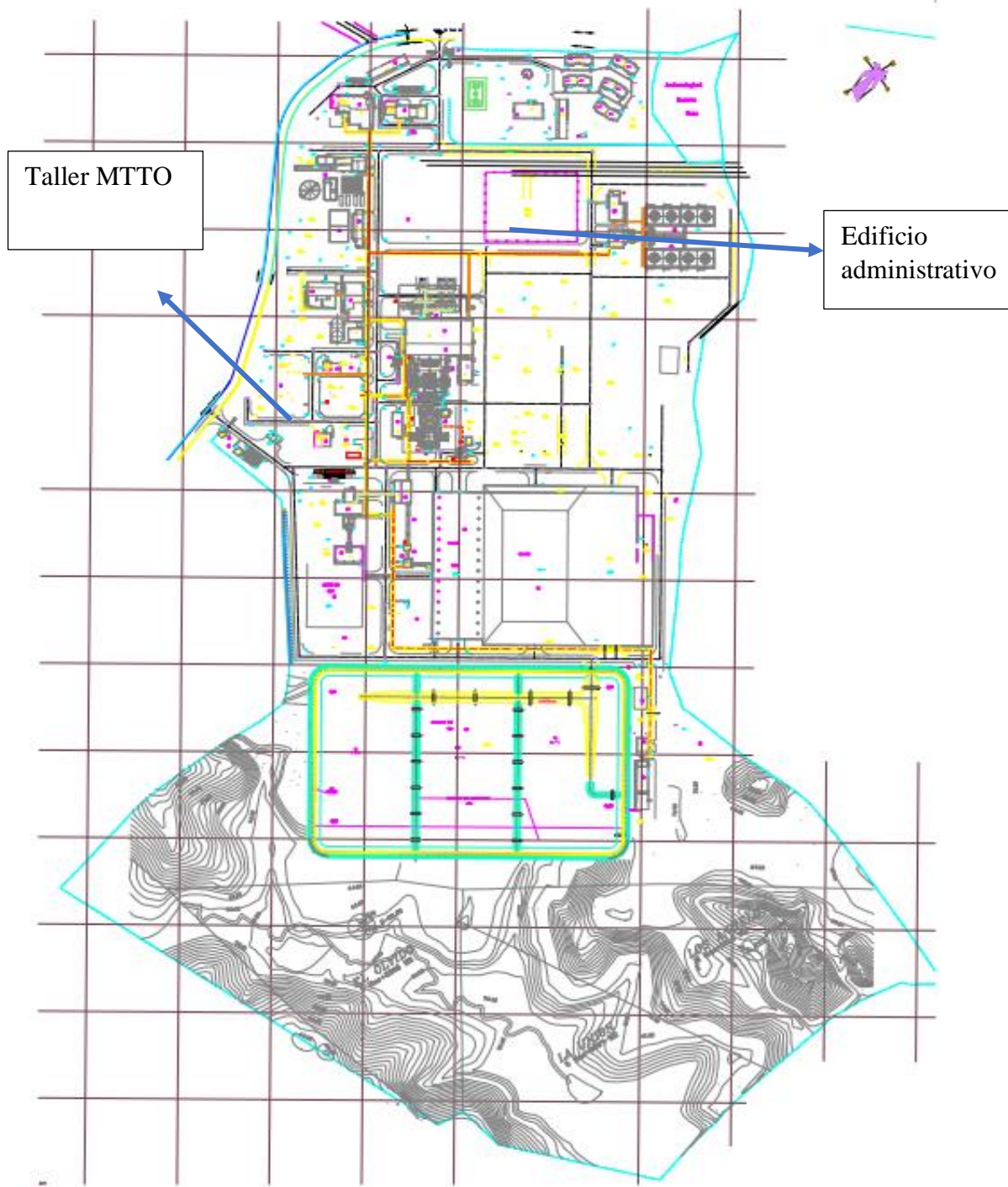


Fuente: GECELCA 3 S.A.S

5.2 Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales

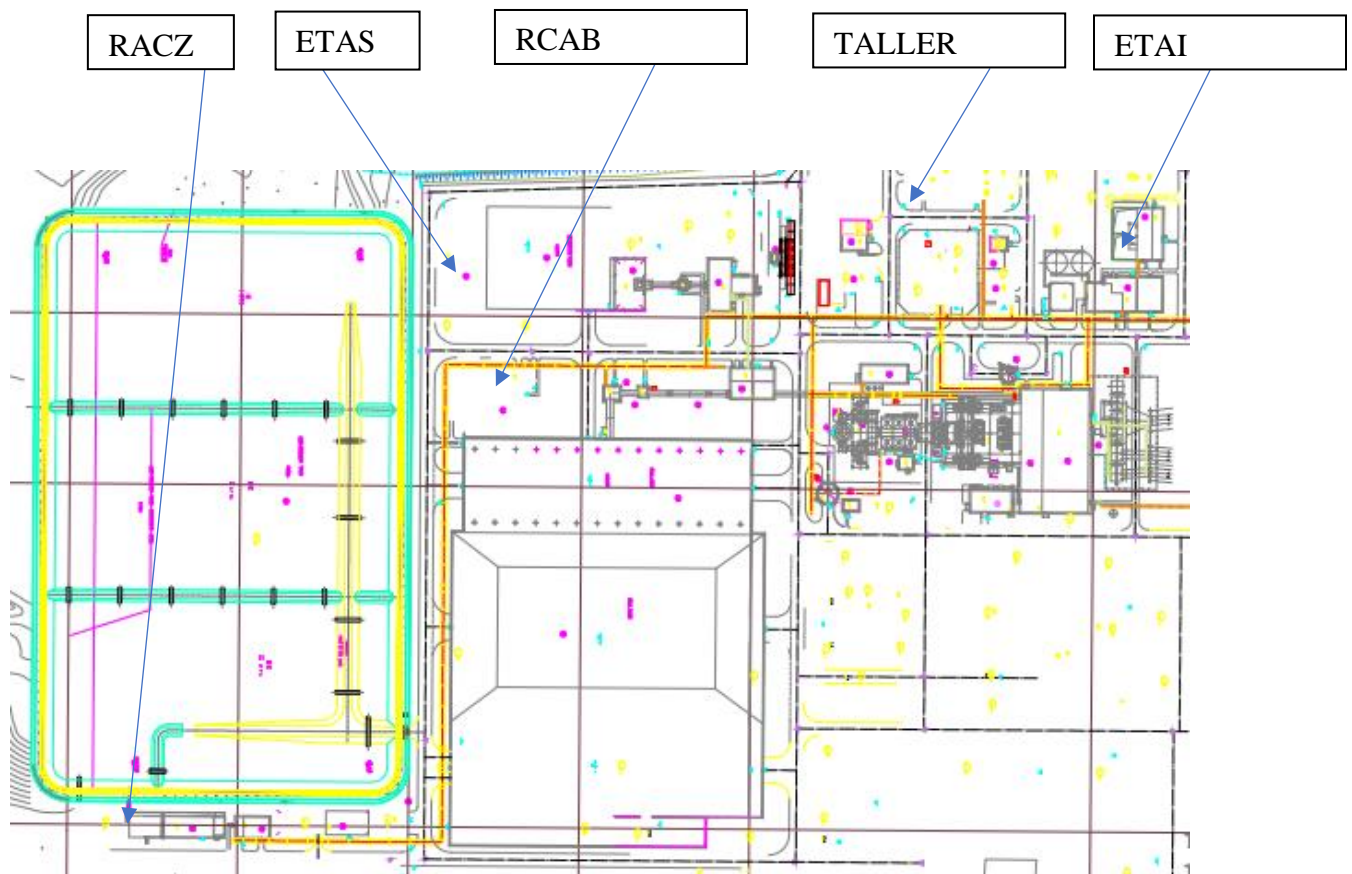
La empresa Gecelca 3, es una empresa que dentro de su misión, busca generar energía siendo amigable con el medio ambiente, por lo cual cuenta con el área de aguas residuales que como anteriormente se mencionó, cuenta con 4 plantas: Tratamiento de aguas residuales de carbón, tratamiento de aguas residuales de ceniza, tratamiento de aguas residuales Industriales y tratamiento de aguas residuales domésticas, cada una de estas tiene su propio sistema y su propio destino final para cada uno de los residuos. A continuación, se describirá el funcionamiento de cada una de las plantas. En la figura 9 y 10 se puede apreciar la ubicación del edificio administrativo taller de MTTO y de cada una de las plantas dentro de la empresa.

Figura 9. Plano de la empresa, Ubicada a las afueras de la ciudad de puerto libertador. En la imagen se aprecia la ubicación del taller de mantenimiento y del edificio administrativo dentro de la empresa.



Fuente: Gecelca 3 S.A.

Figura 10. Ubicación de cada una de las plantas dentro de la empresa, RACZ (Aguas residuales de ceniza), RACB (Aguas residuales de carbón), ETAS (estación de tratamiento de aguas sanitarias o domesticas), ETAI (estación de tratamiento de aguas industriales). En el taller de mantenimiento se encuentra la oficina de los supervisores y practicantes del área de mantenimiento.



Fuente: GECELCA 3 S.A.S.

5.3 Tratamiento de aguas residuales de Carbón

Esta planta, es la encargada de enviar el agua trata para la humectación de los patios de carbón, los silos de ceniza y las calles internas de la empresa; el agua residual del proceso de humectación de los silos es enviada a tratamiento de aguas de ceniza por medio de canales, para luego ser enviada a una piscina de monitoreo. Por otro lado, el residuo del proceso de humectación del carbón es enviado a su respectiva planta, tratamiento de aguas residuales de

carbón para ser tratada nuevamente y luego ser enviada a la piscina de reúso, todo con el fin de disminuir la polución en el ambiente, el impacto que esto puede causar en la salud Humana y los equipos que se encuentran expuestos a esta situación, y a su vez realizando un mejor aprovechamiento del recurso hídrico al ser reutilizada.

Este sistema cuenta con una piscina a la cual, llega el recurso hídrico ya usado en los procesos anteriormente mencionados, esta seccionada en dos partes divididas por un muro que tiene un ducto que conectan las dos partes, donde la más pequeña se conoce como la “piscina de envío a floculación” que corresponde al 15% del total, y la piscina de mayor tamaño conocida como “ piscina de lodos de carbón ” en la empresa, se encuentra instalado un puente de traslado de bombas que se encarga de recorrer repetitivamente el 85% de la piscina enviando la mezcla de carbón sedimentado con agua usando las cuatro bombas instaladas sobre el puente de traslado de bombas, hacia la piscina de recolección de lodos a través de canales, para que sea recolectado con la ayuda de una grúa tipo cuchara de almeja; y finalmente el carbón que corresponde a material residual es depositado nuevamente en los patios de carbón de la planta.

Así mismo, el agua que se encuentra en la “piscina de lodos”, pasa a través del ducto para luego ser enviada con la ayuda de 3 bombas, a los floculadores y el filtro de arena. Los floculadores se encargan de sedimentar las partículas de material solido suspendido en el agua con la ayuda de los químicos PAC (Policloruro de aluminio) y PAM (Poliacrilamida) y filtros de tipo panel, que ayudaran en el proceso. Los sólidos suspendidos que fueron separados del agua regresaran a la piscina de lodos. finalmente se hace circular el líquido a través de un filtro de arena y luego ser enviada a la piscina de reúso donde podrá ser tomada para realizar las tareas mencionadas al principio del texto con la ayuda de las “Bombas de reúso de aguas residuales de carbón

5.4 Tratamiento de aguas residuales de ceniza

Este sistema se encarga de realizar la purificación del agua contaminada con ceniza, que queda del proceso de humectación de los silos y funciona de igual manera que el sistema de tratamiento de aguas residuales de carbón, con la diferencia de que en el proceso de

floculación se le añade ácido clorhídrico para controlar el PH del líquido, no tiene instalada una grúa tipo cuchara de almeja, porque la ceniza sedimentada de la piscina es enviada al patio de ceniza que es acomodada por la maquinaria pesada.

5.5 Tratamiento de aguas residuales Industriales

Este proceso es un poco más complejo, esta subtask se encarga de purificar el recurso hídrico de las impurezas de aceites, químicos y sólidos suspendidos de cualquier tipo, desde carbón, arena, cenizas u otros, que se encuentren en esta. Para ello, esta pasa a través de filtros de aceites, agitadores, floculadores y filtros de celulosa para realizar la separación de dichas sustancias. El agua contaminada que proviene de la caldera y las aguas aceitosas de algunos otros sistemas llega a una piscina ubicada al aire libre conocida como la “piscina de agua discontinua” donde es agitada con la ayuda de blowers. Luego es succionada por dos bombas que la envíen al tanque de homogeneización, con el fin de mezclar los químicos PAC y PAM con el agua de manera adecuada, y luego enviar el líquido con los químicos al floculador en el cual se separarán los sólidos suspendidos al igual que en los sistemas de tratamiento anterior. Los sedimentos residuales son enviados a una piscina de lodos, para luego ser succionado por bombas de tornillo y enviada al deshidratador de lodos, el cual usando un proceso centrifugo, aprovecha los fenómenos de fuerzas físicas para separar el agua del lodo, dando como resultado “lodo seco”, donde este es empacado en sacos por la contratista DON ASEO y luego ser trasladado a una zona alejada dentro de la empresa, el agua que resta del proceso es regresada a la piscina de agua discontinua.

Paralelamente el agua que termina el proceso en el floculador pasa directamente a la piscina de neutralización donde se le hará el control de PH usando ácido clorhídrico (HCl) si el PH del agua es mayor a 9 o Soda caustica si el PH es menor de 7. En esta etapa si el agua continua con sólidos suspendidos, se pasa por los filtros de celulosa y finalmente son depositados en la piscina de monitoreo.

5.6 Tratamiento de aguas residuales domesticas

La empresa Gecelca 3 cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, la cual se encarga de purificar el agua contaminada proveniente de baños y cocinas. Este

proceso se caracteriza por realizar tratamientos anaerobios y aerobios para la depuración, acompañados de decantación y desinfección que garantiza las óptimas condiciones de vertimientos de las aguas hacia una laguna aledaña que se encuentra cerca de la zona.

El sistema de purificación consiste en hacer pasar por rebose, el recurso hídrico contaminado a través de diferentes tipos de tanque, tanque de anóxico, tanques de oxidación y tanques de sedimentación, para luego pasar el agua por un filtro y después enviarla al tanque de reúso, donde finalmente es almacenada hasta tener un nivel medio y enviar el agua a la piscina de monitoreo.

El sistema contiene dos trenes de tanque con un tanque de ecualización en común para ambos, el cual se encarga de recibir los desechos domésticos y enviarlo a cada uno de los trenes. Y tiene un tanque de reúso en común que recibe el agua purificada.

6 Actividades programadas

Para el desarrollo de este proyecto se plantearon las siguientes actividades:

- Realizar Diagnóstico de la situación actual del área de aguas residuales. Para la realización se procedió a realizar en primera instancia visitas de campo, recolección de información sobre Gecelca y Gecelca 3, documentos que implementan o no, para el mantenimiento, y apropiamiento del proceso que se realiza.
- Diseñar un plan de mantenimiento donde se estipularán las actividades a realizar que contribuyan a los objetivos de este proyecto.
- Implementación del plan de mantenimiento
- Resultados

7 Actividades Desarrolladas

En este capítulo se expondrán las actividades desarrolladas teniendo en cuenta las actividades programadas en el capítulo anterior, con orden cronológico.

7.1 Etapa de diagnóstico

7.1.1 Recolección de datos generales de Gecelca y Gecelca 3

La información recolectada fue obtenida de distintas fuentes, como la página web y de la parte administrativa de la empresa que facilitó documentos que contenían información

referente a la misión y visión de la empresa, y su razón de ser. Para contextualizar la empresa y tener claro los objetivos que esta desea cumplir y contribuir con ello.

La información obtenida fue exclusivamente lo relacionado al sistema de purificación del recurso hídrico (agua), es decir, todo lo referente al funcionamiento del proceso, equipos y máquinas. La mayor parte de la información acerca del funcionamiento del proceso se obtuvo de fuentes primarias, el resto de la información fue obtenida de manuales, planos y del software de mantenimiento de la empresa (MainServer) en el cual se encuentran los planes de mantenimiento de la empresa, requisiciones de trabajo y órdenes de trabajos que son creadas a partir de dichas requisiciones.

7.1.2 Infraestructura

Realizada las visitas de campo y el recorrido por el área, se identificó que mantenimiento mecánico cuenta con un pequeño laboratorio para la realización de trabajos menores, un taller de mecanizado, oficina de ingenieros supervisores, oficina de ingenieros practicantes una cocina con nevera, microondas, 2 baños. Y se realiza una limpieza del sitio 3 veces al día o cuando se requiera hasta las 4 de la tarde, por parte de la contratista Don aseo Y cuatro plantas de tratamiento con una oficina de operación de equipos y sus respectivos cuartos eléctricos.

7.1.2.1 Laboratorio de mantenimiento

Figura 11. Cuenta con un espacio para realizar trabajos menores de mantenimiento como desarme y revisión de equipos como motores. Casilleros para técnicos aire acondicionado para mejor confort y sillas para el personal.



Fuente: Autores

7.1.2.2 Taller de mecanizado

Figura 12. Cuenta con un espacio para almacenamiento provisional, un espacio para vehículos, 2 de 3 tornos funcionales, 2 mesas de banco, un troquel no funcional, una Cepilladora no funcional, una fresa y una dobladora



Fuente: Autores

7.1.2.3 Oficina de ingenieros supervisores

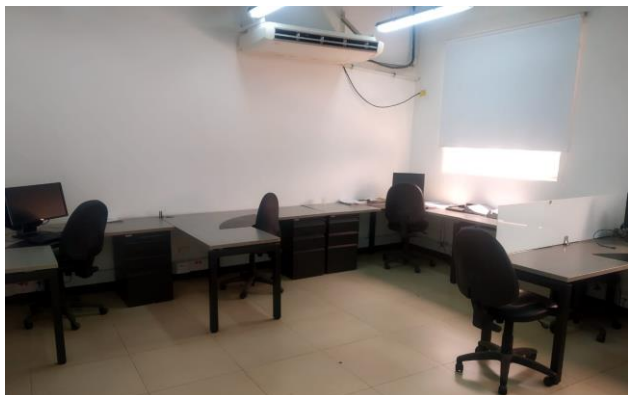
Figura 13. Oficina de ingenieros supervisores cuenta con tres puestos de trabajos y una mesa común para reuniones, aire acondicionado, no cuenta con un sistema de almacenamiento y clasificación de documentos tales como Permisos de alto riesgo ATS, OTs por cerrar y en ejecución. No hay impresora.



Fuente: Autores

7.1.2.4 Oficina de ingenieros practicantes

Figura 14. Está ubicada al lado de la oficina de ingenieros supervisores cuenta con 7 puestos de trabajo aire acondicionado para el confort y un computador.



Fuente: Autores.

7.1.2.5 Plantas de tratamiento

Cada planta cuenta con espacios para cada equipo, se encuentran piezas de máquinas y equipos en el área de trabajo, chatarra en las cercanías del sitio, falta de limpieza en las zonas verdes aledañas.

Figura 15. Planta de aguas residuales de Carbón



Fuente: Autores

Figura 16. Canales de transporte



Fuente: Autores

Figura 17. Planta de aguas residuales de ceniza



Fuente: Autores

Figura 18. Planta de aguas domesticas



Fuente: Autores

Figura 19. Planta de aguas industriales



Fuente: Autores

El cuarto eléctrico de la planta de aguas residuales de ceniza presenta inundaciones en época de invierno.

7.1.3 Equipos

Tabla 1. Muestra el número y porcentaje de equipos operativos y no operativos en toda el área aguas residuales

Área de tratamiento aguas residuales	Número total de equipos	Número total de equipos operativos	Número total de equipos no operativos	Porcentaje de equipos operáticos
	126	61	65	48,4%

Fuente: Autores

Tabla 2. Muestra el número y porcentaje de equipos operativos en cada una de las plantas que conforman el área de tratamiento de aguas residuales.

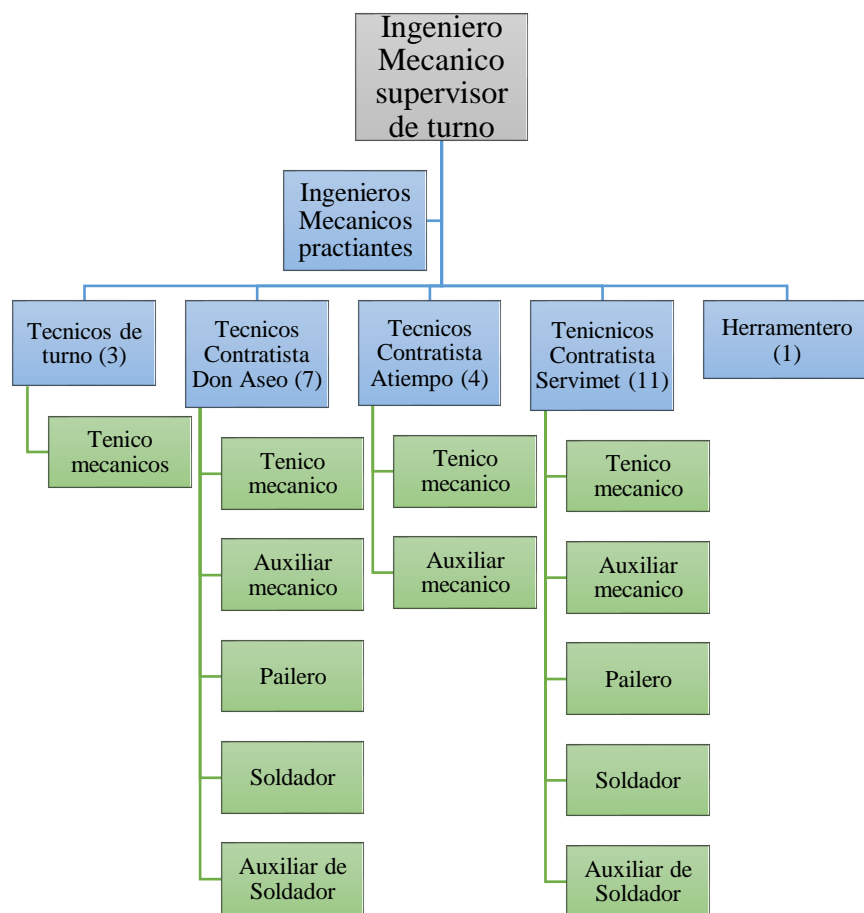
Planta de tratamiento	Número de equipos	Número total de equipos operativos	Número de equipos no operativos	Porcentaje de equipos operativos
Aguas residuales de Carbón	36	4	32	12%
Aguas residuales de Ceniza	30	3	27	10%
Aguas residuales Industriales	35	31	4	89%
Aguas residuales Domesticas	25	23	2	92%

Fuente: Autores

7.1.4 Personal

Mantenimiento mecánico cuenta con los técnicos necesarios y capacitados para realizar las labores de mantenimiento en la empresa. En el siguiente organigrama se muestra la distribución de los técnicos en el área.

Figura 20. Estructura jerárquica del personal de mantenimiento mecánico tomando como punto de partida el ingeniero supervisor de turno.



Fuente: Autores

Figura 21. Distribución del personal de mantenimiento por áreas (Planta de agua, turbo grupo, caldera, carbón y caliza, y tratamiento de aguas residuales) en la Central eléctrica. El personal Referente a soldador, auxiliar de soldador, pailero y técnico de turno participan en las áreas donde sean requeridos.

Termo eléctrica Gecelca 3 S.A				
Planta de agua	Turbo grupo	Caldera	Carbon y Caliza	Tratamiento de aguas Residuales
<ul style="list-style-type: none"> •Ing practicante (1) •Tecnico Mecanico (2) •Auxiliar mecanico (2) 	<ul style="list-style-type: none"> •Ing practicante (1) •Tecnico Mecanico (2) •Auxiliar mecanico (2) 	<ul style="list-style-type: none"> •Ing practicante (1) •Tecnico Mecanico(2) •Auxiliar mecanico(2) 	<ul style="list-style-type: none"> •Ing practicante (1) •Tecnico Mecanico (2) •Auxiliar mecanico (2) 	<ul style="list-style-type: none"> •Ing practicante (1) •Tecnico Mecanico (1) •Auxiliar mecanico (1)

Fuente: Autores

7.1.5 Presupuesto de Mantenimiento Mecánico

El presupuesto anual para el área de mantenimiento mecánico es de aproximadamente de \$21 mil millones de peso del cual hasta la fecha se ha utilizado más del 80% aproximadamente. La empresa realizo la compra de 5 bombas para el área de aguas residuales por un valor de \$ 1.592.718.400,00 de pesos. La empresa no cuenta con recursos para la realización del resto del proyecto.

7.2 Realización de la clasificación jerárquica de los equipos según su importancia

Teniendo los datos obtenidos en la recolección de información y el diagnóstico se realizó una lista con los equipos instalados según su importancia. Para cada planta el indicador de importancia fue diferente, esta clasificación se realizó de manera cualitativa y subjetiva con la ayuda de los especialistas del área. Para el proyecto no se realizó una matriz de criticidad como dice la literatura puesto que las áreas a restaurar se encontraron fuera de servicio por lo cual no existen registros de fallas de los equipos.

Para la planta de tratamiento de aguas residuales de carbón se tuvo en cuenta, que este se encuentra ligado al proceso de descarga de ceniza, la cual es el residuo del proceso de combustión en la caldera. Este proceso consiste en evacuar la ceniza produciendo la menor

polución en el ambiente posible ya que primeramente puede causar daños graves a la salud de los trabajadores, y en segundo lugar problemas a las máquinas y equipos cercanos. Para ello se usa agua de reúso de carbón, humectando la ceniza y realizando una evacuación segura de esta. Además, este recurso hídrico se usa para la humectación del carbón en los cobertizos y lavado de las calles; Todas estas actividades se realizan diariamente, a excepción del silo, el cual solo se evacua cuando este se encuentra lleno teniendo en cuenta además que si no se realiza este proceso, podría ocasionar una parada de la planta produciendo perdidas para la empresa. Por tal motivo es necesario que siempre haya agua en la piscina de reúso y siempre estén disponibles las bombas, para que el proceso de humectación en cada uno de los sitios se lleve a cabo y evitar posibles paradas de la caldera o daño de equipos.

Para las 2 plantas restantes el proceso no está ligado al área de caldera o a la generación de energía, sino que el destino final del agua limpia es la piscina de monitoreo la cual es un lago aledaño a la empresa, por ello el factor ambiental se hace importante, es decir el agua no debe llegar a esa zona con solidos suspendidos o con un PH muy acido o muy básico este debe estar entre 7 y 9; mucho menos permitir estancamientos y derrames del agua en zonas verdes, para evitar la contaminación del suelo plantas y animales.

Tabla 3. La tabla muestra un listado de equipos los cuales están organizados según su importancia para la planta de tratamiento de aguas residuales de carbón. Los equipos resaltados con color rojo son aquellos equipos que si se encuentran fuera de servicio pueden ocasionar una parada inesperada de la central eléctrica, puesto que sin estos no sería posible realizar la descarga de la ceniza.

Tratamiento de aguas residuales de carbón	
Sistema	Equipo
Sistema de agua de reúso	Bomba principal de reuso#1
	Bomba principal de reúso #2
	Bomba principal de reúso #3
	bomba auxiliar de reúso #1
	bomba auxiliar de reúso #2
Bombas de envío a floculación	Bomba de envío a floculación #1
	Bomba de envío a floculación #2
	Bomba de envío a floculación #3

Continúa en la siguiente pagina

Continuación de la tabla 3.

Sistema de dosificador de químicos	Bomba de PAC #1
	Bomba de PAC #2
	Bomba de PAC #3
	Bomba de PAM #1
	Bomba de PAM #2
	Bomba de PAM #3
	Agitador de PAC #1
	Agitador de PAC #2
	Agitador de PAM #1
	Agitador de PAM #2
Sistema de succión de lodo	Bomba de succión de lodo #1
	Bomba de succión de lodo #2
	Bomba de succión de lodo #3
	Bomba de succión de lodo #4
	Reductor #1
	Reductor #2
	Grúa tipo cuchara de almeja
Sistema de coagulación	Floculador #1
	Floculador #2
sistema de tuberías	Válvulas

Fuente: Autores.

Tabla 4. Listado de los equipos en rojo son de mayor importancia porque son los encargados de controlar el PH del agua, sin este control no es posible enviar el agua a la piscina de monitoreo

Tratamiento de aguas residuales de ceniza	
sistema	Equipo
sistema de dosificación de Acido	Bomba de ácido #1
	Bomba de ácido #2

Continúa en la siguiente pagina

Continuación de la tabla 4

Tratamiento de aguas residuales de ceniza	
sistema	equipo
Sistema de dosificación de Pac y Pam	bomba de PAC #1
	bomba de PAC #2
	bomba de PAC #3
	bomba de PAM #1
	bomba de PAM #2
	bomba de PAM #3
	Agitador de PAC #1
	Agitador de PAC #2
	Agitador de PAM #1
	Agitador de PAM #2
Bombas de envío a floculación	Bomba de envío a floculación #1
	Bomba de envío a floculación #2
	Bomba de envío a floculación #3
Sistema de succión de lodo	Bomba de succión de lodo #1
	Bomba de succión de lodo #2
	Bomba de succión de lodo #3
	Bomba de succión de lodo #4
	Reductor #1
	Reductor #2
Sistema de coagulación	Floculador #1
	Floculador #2
Bombas de envío a patio de cenizas	Bombas de lodo de ceniza #1
	Bombas de lodo de ceniza #2
Sistema de tuberías	Válvulas

Fuente: Autores

Tabla 5. El sistema de la piscina de neutralización es el más importante debido a que aquí se realiza el proceso de control del PH para poder enviar el agua a la piscina de monitoreo.

Tratamiento de aguas industriales	
sistema	equipo
Piscina de Neutralización	Bomba De ácido #1
	Bomba De ácido #2
	Bomba De ácido #3
	Bomba de soda caustica #1
	Bomba de soda caustica #2
	Bomba de soda caustica #3
Piscina de agua discontinua	Bomba de agua discontinua #1
	Bomba de agua discontinua #2
	Blower #1
	Blower #2
Aguas aceitosas	Bomba de aguas aceitosas #1
	Bomba de aguas aceitosas #2
	Filtro de aguas aceitosas
Tanque de homogeneización	Agitador
Sistema de dosificación de PAC y PAM	Bomba de PAC #1
	Bomba de PAC #2
	Bomba de PAC #3
	Bomba de PAM #1
	Bomba de PAM #2
	Bomba de PAM #3
	Agitador #1
	Agitador #2
	Agitador #3
	Agitador #4
Piscina de lodo	Agitador de lodo #1
	Agitador de lodo #2
filtros de celulosa	Agitador #1
	Agitador #2

Continúa en la siguiente pagina

Continuación de la tabla 5

Piscina de monitoreo	Bomba de agua de monitoreo #1
	Bomba de agua de monitoreo #2
	Bomba de agua de monitoreo #3
Sistema de deshidratación de lodos	Bomba tipo tornillo #1
	Bomba tipo tornillo #2
	Deshidratador de lodos
Sistema de tuberías	Válvulas

Fuente: Autores

Tabla 6. Las bombas del sistema de ecualización son de gran importancia ya que estas envían el agua residual a la siguiente fase del proceso sin ellas el proceso se detiene y se puede ocasionar estancamiento y filtraciones del tanque hacia áreas aledañas.

Tratamiento de aguas residuales domésticos	
Sistema	Equipo
Tanque de ecualización	Bomba del tanque de ecualización #1
	Bomba del tanque de ecualización #2
	Bomba del tanque de ecualización #3
	Bomba del tanque de ecualización #4
Cuarto de Blowers	Aire Blower #1
	Aire Blower #2
	Aire Blower #3
	Aire Blower #4
Tanque de agua residual intermedia	Bomba #1
	Bomba #2
	Bomba #3
	Bomba #4

Continúa en la siguiente pagina

Continuación de la tabla 6.

Tanque de agua de reúso	Bomba de Retro lavado #1
	Bomba de Retro lavado #2
	Bomba de Retro lavado #3
	Bomba de Retro lavado #4
	Bomba de envío para monitoreo #1
	Bomba de envío para monitoreo #2
	Bomba de envío para monitoreo #3
	Bomba de envío para monitoreo #4
Tanque de sedimentación	Bomba de drenaje #1
	Bomba de drenaje #2
Tanque de filtrado	Filtro #1
	Filtro #2

Fuente: autores

	Alta
	Media
	Baja

Tabla 7. Grado de importancia que representa cada color

7.3 Diseño del plan de mantenimiento

Teniendo en cuenta todo lo anterior se procedió a identificar organizar y programar cada una de las actividades a realizar para llevar acabo el objetivo del proyecto; Realizando un plan de mantenimiento en medio digital, con ayuda del software Microsoft Excel, donde se programaron actividades diarias a realizar por el grupo de técnicos correspondiente.

Figura 22. Plan de mantenimiento preventivo y Cronograma de Actividades de mantenimiento diarias para cada equipo. Para la programación de las actividades no se tuvo en cuenta la importancia de los equipos. El cronograma va desde el 10 de octubre hasta el 3 de enero.

Plan de Mantenimiento preventivo

Mantenimiento anual Bombas	
Numero de equipos: 39	
Actividades	Duracion de la actividad (horas)
Cambio de rodamientos	1
Cambio de sellos	1
Resision de impeller	0,5
Revision del sistema de tuberia	1
Revision del cuerpo de la bomba	0,5
Revision electrica y de control	0,5
Revision de la presion y caudal	0,16
Limpieza total de la bomba	0,1
Tiempo total por cada equipo	4,76
Tiempo general	123,76
Mantenimiento semestral todos los filtros	
Numero de equipos: 4	
Actividades	Duracion de la actividad (horas)
Limpieza de filtros	2
Tiempo total por cada equipo	2
Tiempo general	8
Mantenimiento mensual todas las bombas	
Numero de equipos: 39	
Actividad	Duracion de la actividad (horas)
Revision del nivel de aceite	0,016
Limpieza del equipo	0,016
Inspeccion visual y auditiva	0,016
Revision de la presion y caudal	0,16
Revision electrica	0,5
Tiempo total por cada equipo	0,708
Tiempo general	26,904
Mantenimiento Diario bomba de reuso	
Numero de equipos: 5	
Actividad	Duracion de la actividad (horas)
Revisar prensa estopa	0,016
Revisar presion	0,016
Revision visual auditiva	0,016
Revision de valvulas	0,05
Tiempo total por cada equipo	0,098
Tiempo general	0,49

Figura 23. Actividades de mantenimiento para las bombas de Pac y Pam #1, 2...6

Equipo	Actividades	Herramienta o equipo	Cantidad	Andamios	Servicios de Limpieza contratista Don Aseo	Bloqueo de equipo	Personal electrico	Personal de instrumentacion
Bombas de Pac y Pam	_Revisar el estado del aceite lubricante mobile gear 600 XP 220	Par de Guantes de proteccion contra quimicos	2	NO	SI	SI	SI	SI
	_Revision electrica y de instrumentacion	Par de guanes carmaza	2					
	_Revisar caudal y presión del equipo	Juego de raches	1					
	_Realizar las reparaciones necesarias	Llave allen #10	1					
	_Revisar estado del diafragma en caso de presentarse una presión por debajo de 6 bares en la descarga del equipo	Pinsa pequeña para anillos de retencion	1					
	_Ajustar el Flujo del caudal si está por debajo de 170 L/h para las bombas de Pac y 90 L/h para las bombas de Pam	Extractor de rodamientos	1					
	_Revisar el estado de la tubería							
	_Limpieza del lugar							

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta lo anterior se requiere un presupuesto de:

7.4 Implementación del modelo de mantenimiento

En este punto se tomó la decisión y con el abal del ingeniero a cargo de implementar las actividades programadas anteriormente. Cabe aclarar que la empresa no cuenta con los recursos económicos para realizar compra de repuestos o equipos que sean necesarios hasta el próximo año, por lo que las actividades que se realizaron se hicieron con los implementos y herramientas que se tuvieran a la mano, o simplemente la actividad no fue posible de realizar por falta de material y la orden de trabajo quedaba en estado de “espera de material”. Las ordenes de trabajo fueron realizadas por el ingeniero planner a cargo en el software de mantenimiento Main Server, el cual contiene toda la información referente a la gestión de mantenimiento tales como, ordenes de trabajo, requisiciones de trabajo, consumibles y equipos, historial de trabajos realizados, costos de mantenimiento, inventarios de almacén entre otros.

Realizada la programación de la actividad, se obtiene la orden de trabajo, el cual es un documento donde se encuentra escrito el trabajo a realizar, quien lo va a realizar, quien lo planeo, Fecha de inicio, ubicación del equipo, nombre y código KKS del equipo. También

tiene un apartado llamado “Acción correctiva” donde el técnico deberá escribir la acción que realizo para solucionar la falla. Luego un apartado donde firma el ingeniero de producción de turno y el ingeniero de mantenimiento de turno una vez terminado el trabajo.

Figura 24. Orden de trabajo de la empresa Gecelca 3.

Orden de Trabajo de Mantenimiento

Planta: 000
 No. de OT: **W103657**
 No. de Proyecto:
 Posición:
 No. de Activo: PUCE-0113
 Código KKS: 00GTK01
 Descripción Breve: **BOMBA DE PAC No. 3 ESTACION TTO AGUAS RESIDI**
 C.C. Carga M.O.: 3300-75400831
 Origen: Andrés Felipe Romero Orte
 Teléfono: 3126691028
 Grupo de Trabajo: GRUP RESID
 Supervisor: Juan Villorina
 Asignado a: **Proq. para: Simon Angarita**
 Planeo: Ivan Dario Charris Alvare

W103657
 W103657

Fecha: 12/09/2018 08:52:3

RIME Priority:
 ?Seguridad?: N
 Tipo de Activo: Equipo
 Sub Funcional: SISMEC
 Ubicación Trabajo:
 Fecha Origen: 10/09/2018 18:57
 Fecha Vencimiento: 10/10/2018 18:50
 Fecha Programación: 13/09/2018 08:00
 Fecha Terminación:
 Área de Trabajo: **RACB**
 Código de Falla:
 Tipo de Trabajo: CORR
 Status: **ETM**
 Normatividad:

Trabajo Requerido: Revisar bomba y habilitar sistema de succión y descarga de la bomba

UNIDAD EN PARADA: Medidor:

Acción Correctiva

Ejecutado por: Terminación: / /
 Vo. Bo.: Producción / / Mantenimiento: / /
 Firma: Firma:

CAMBIOS DE STATUS

Status: / / / Hora: / / / Status: / / / Hora: / / /

Mano Obra

No. Empleado	Actividad	Oficio	Horas	Tipo

MATERIAL

No. Parte Almacén	Cant.	No. Cuenta

Fuente: Autores del documento

7.4.1 Ejecución de actividades

La ejecución de las actividades se realizó en la medida que se hizo posible, esto debido a imprevistos presentados en múltiples ocasiones en la empresa tales como situaciones de emergencia por fallo de la caldera o la turbina, que requirió de la disponibilidad de todo el personal de mantenimiento para suplir los problemas presentado. Por lo cual las actividades de mantenimiento que se programaron para ser ejecutadas en 13 semanas fueron realizadas en aproximadamente 15 semanas.

El seguimiento y control de las actividades se realizó con la ayuda de un formato diseñado por los autores de este documento con el fin de tener conocimiento de todas las actividades que se están ejecutando y evitar la posible pérdida de las ordenes de trabajo haciendo responsable al personal encargado ya que en ocasiones durante la actividad el personal es intercambiado por otro o en la orden de trabajo no se encuentra el nombre de los encargados del trabajo puesto que el personal aún no está ingresado en el software de mantenimiento. Por este motivo el formato describe el equipo que se intervino, la falla reportada, la acción que se tomó para solucionarlo, personal encargado y fecha de inicio y finalización como se muestra en el Anexo A. Este documento se actualizaba diariamente para llevar un control total de las actividades.

Para la ejecución de actividades se designó a dos personas (Técnico mecánico y auxiliar mecánico) con experiencia en bombas y filtros sin embargo el personal no siempre fue el mismo como se mencionó anteriormente, en muchas ocasiones el personal fue rotado a otras áreas por que la situación lo ameritaba, como se puede apreciar en el Anexo A en la columna “Técnico asignado”. En la figura 25 se muestran algunas ordenes de trabajo donde se aprecia las firmas de los técnicos que ejecutaron la actividad.

Figura 25. Ejemplos de Orden de trabajo Finalizada y cerrada en el software de mantenimiento

Orden de Trabajo de Mantenimiento

No. de OT: W103866
 No. de Proyecto: 6007901
 Ubicación Trabajo: BOMBA DE PAC HAS AGUAS RESID GENSA
 Fecha Origen: 8/28/2018 08:01
 Fecha Vencimiento: 8/28/2018 14:54
 Fecha Programación: 10/23/2018 16:18
 Fecha Terminación: 10/23/2018 14:58
 Área de Trabajo: ETAI
 Código de Falla: CORR
 Tipo de Trabajo: CORR
 Status: ETM
 Normatividad: ETM

Trabajo Requerido: Corregir fuga en tubería de recirculación de la bomba No 1 Agua Clarificada

Se Corrigió Fuga en la tubería de recirculación de la bomba N° 1 de agua Clarificada dejando todo en su Normalidad.

Realizado por: Orlando Salgado
 Verificado por: David R. D.
 Fecha: 28/10/2018 Hora: 15:30

MANO OBRA

Empleado	Actividad	Oficio	Horas	Tipo	No. Parte Almacén	Cant.	No. Cuenta
Orlando Salgado							
David R. D.							

MATERIAL

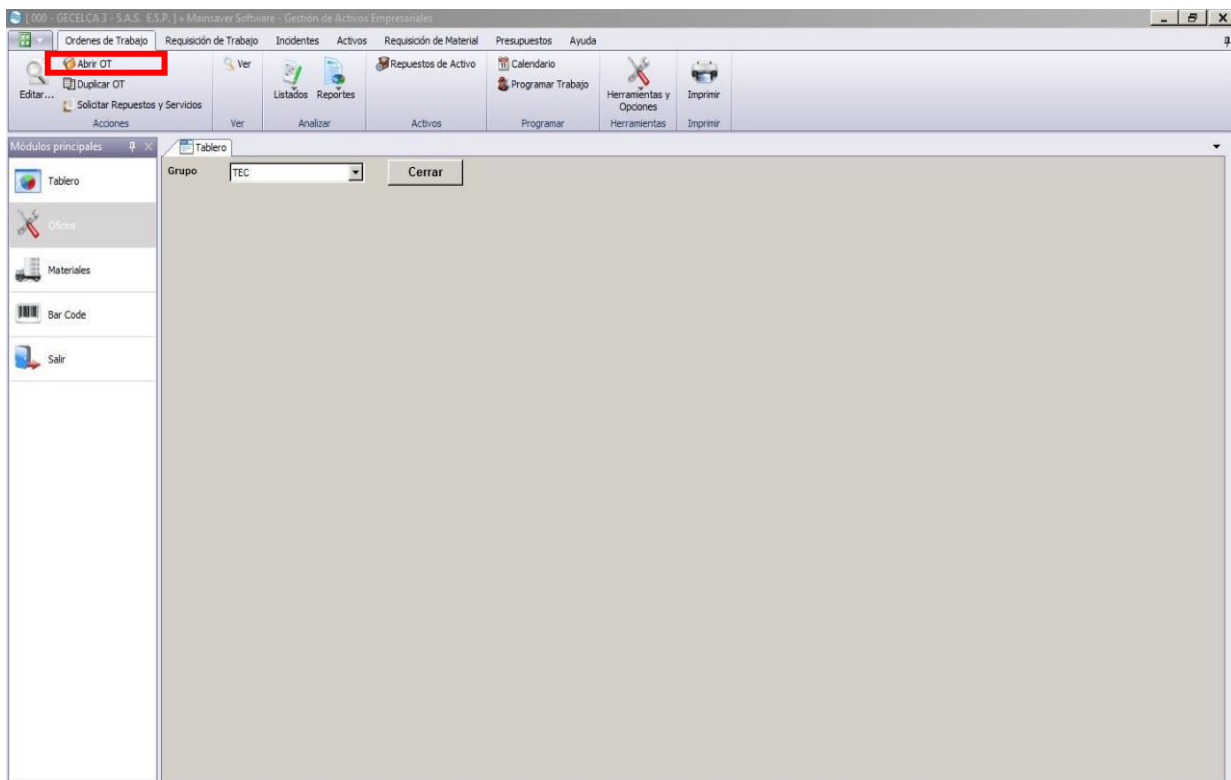
No. Empleado	Actividad	Cant.	Horas	Tipo	No. Parte Almacén	Cant.	No. Cuenta

Fuente: Autor

7.4.2 Finalización de la actividad.

Terminada las actividades de mantenimiento y cerrado los permisos y obtenidas las firmas de producción y del ingeniero supervisor de mantenimiento, dando constancia de la finalización del trabajo se procede a cambiar el estado de la orden de trabajo en el sistema. Como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 26. Se muestra el primer paso para cerrar una OT que consiste en ingresar al sistema con la cuenta el ingeniero jefe de mantenimiento mecánico ya que es la única persona que puede realizar el cierre de órdenes. Se selecciona oficio luego abrir OT.



Fuente: Autores

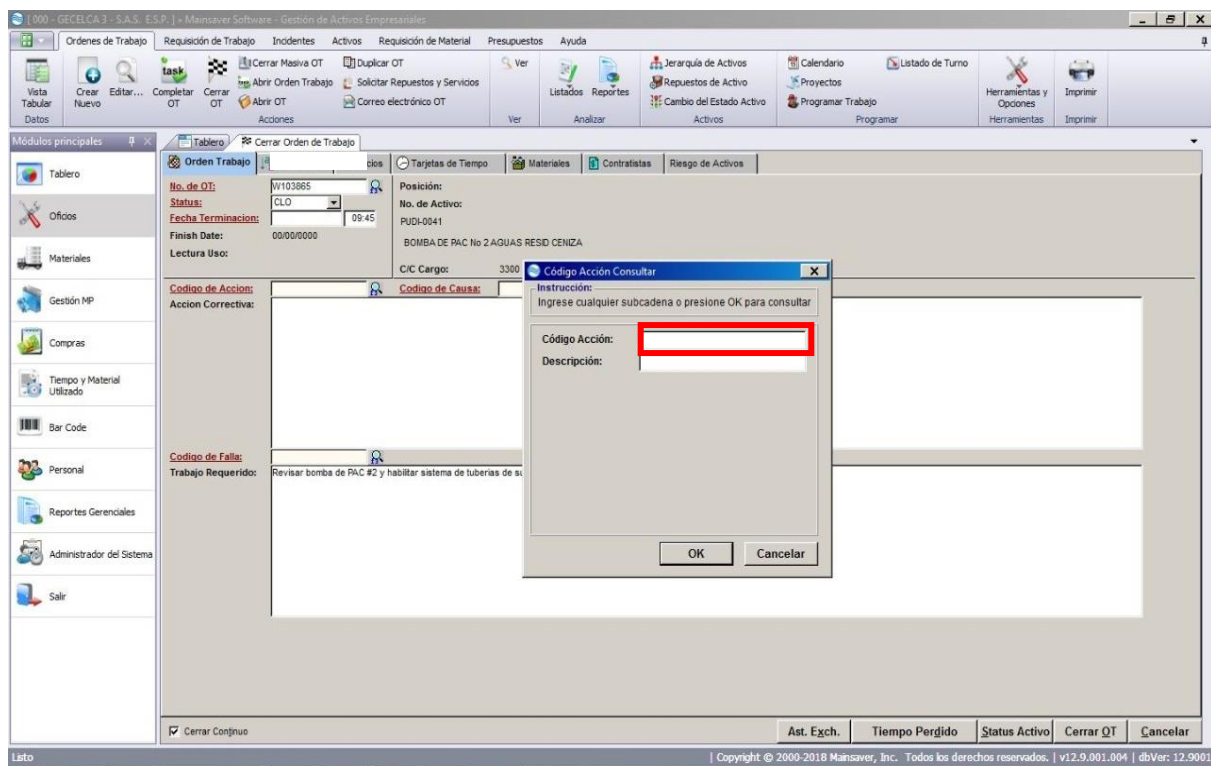
Figura 27. Se selecciona Cerrar OT, luego se ingresa el numero de la orden de trabajo y se cambia el Estatus a cerrado (CLO) y la fecha de terminación de la actividad

The screenshot displays the 'Cerrar Orden de Trabajo' (Close Work Order) form within the Mainsaver Software 'Gestión de Activos Empresariales' application. The form is divided into several sections:

- Header:** Includes the application title and a menu bar with options like 'Ordenes de Trabajo', 'Requisición de Trabajo', 'Incidentes', 'Activos', 'Requisición de Material', 'Presupuestos', and 'Ayuda'.
- Left Sidebar:** Lists 'Módulos principales' such as 'Tablero', 'Oficios', 'Materiales', 'Gestión MP', 'Compras', 'Tiempo y Material Utilizado', 'Bar Code', 'Personal', 'Reportes Gerenciales', 'Administrador del Sistema', and 'Salir'.
- Main Form:**
 - Order Information:** 'No. de OT' (W103885), 'Status' (CLO), 'Fecha Terminación' (09-45), 'Finish Date', 'Lectura Usó'.
 - Asset Information:** 'Posición' (PUDI-0041), 'No. de Activo' (BOMBA DE PAC No 2 AGUAS RESID CENIZA), 'C/C Cargos' (3300).
 - Action and Cause:** 'Codigo de Acción', 'Codigo de Causa'.
 - Work Required:** 'Trabajo Requerido' (Revisar bomba de PAC #2 y habilitar sistema de tuberías de succión y descarga de la bomba).
- Footer:** Includes a 'Cerrar Continuo' checkbox and buttons for 'Ast. Exch.', 'Tiempo Perdido', 'Status Activo', 'Cerrar OT', and 'Cancelar'.

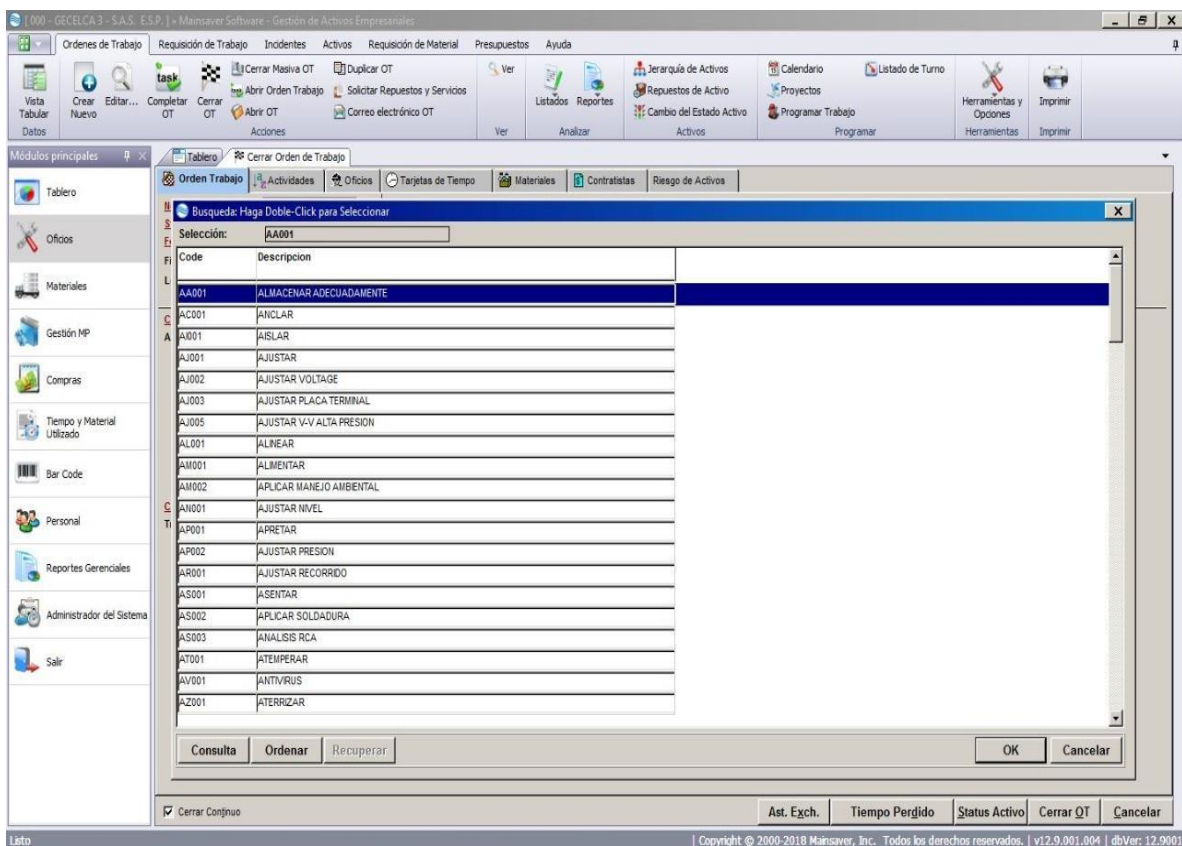
Fuente: Autores

Figura 28. Se da doble clic en la casilla código de acción luego, se genera una pequeña ventana en la cual nuevamente se le da doble clic en la casilla en blanco



Fuente: Autores

Figura 29. Se genera el siguiente listado de códigos de acción, y se selecciona el más apropiado para el caso. Seguidamente se repite estos pasos para el código de causa y código de falla. El código de causa hace referencia a la causa de la falla, el código de falla hace referencia al tipo de falla (fuga, ruptura de eje etc.), y el código de acción a la medida que se tomó para reparar la falla.



Fuente: Autores

Figura 30. En este espacio se incrementaría la acción correctiva, es decir lo que escribió el técnico en la orden de trabajo

000 - GECELCA 3 - S.A.S. E.S.P. - Mainsaver Software - Gestión de Activos Empresariales

Órdenes de Trabajo Requisición de Trabajo Incidentes Activos Requisición de Material Presupuestos Ayuda

Vista Tabular Crear Nuevo Editar... Completar OT Cerrar OT Abrir Orden Trabajo Solicitar Repuestos y Servicios Abrir OT Correo electrónico OT Acciones Ver Listados Reportes Jerarquía de Activos Repuestos de Activo Cambio del Estado Activo Calendario Listado de Turno Proyectos Programar Trabajo Herramientas y Opciones Herramientas Imprimir

Módulos principales: Tablero, Oficios, Materiales, Gestión MP, Compras, Tiempo y Material Utilizado, Bar Code, Personal, Reportes Gerenciales, Administrador del Sistema, Salir

Orden Trabajo W103865

Acción Correctiva: [Redacted]

Oficio	Actividad	Cantidad	Horas Estimadas	Horas Faltantes	Horas Reales	Fecha de Terminación
AYU	REP-MEC	1	4.00	4.00	0.00	
TMM	REP-MEC	1	4.00	4.00	0.00	

Completada Aplicar

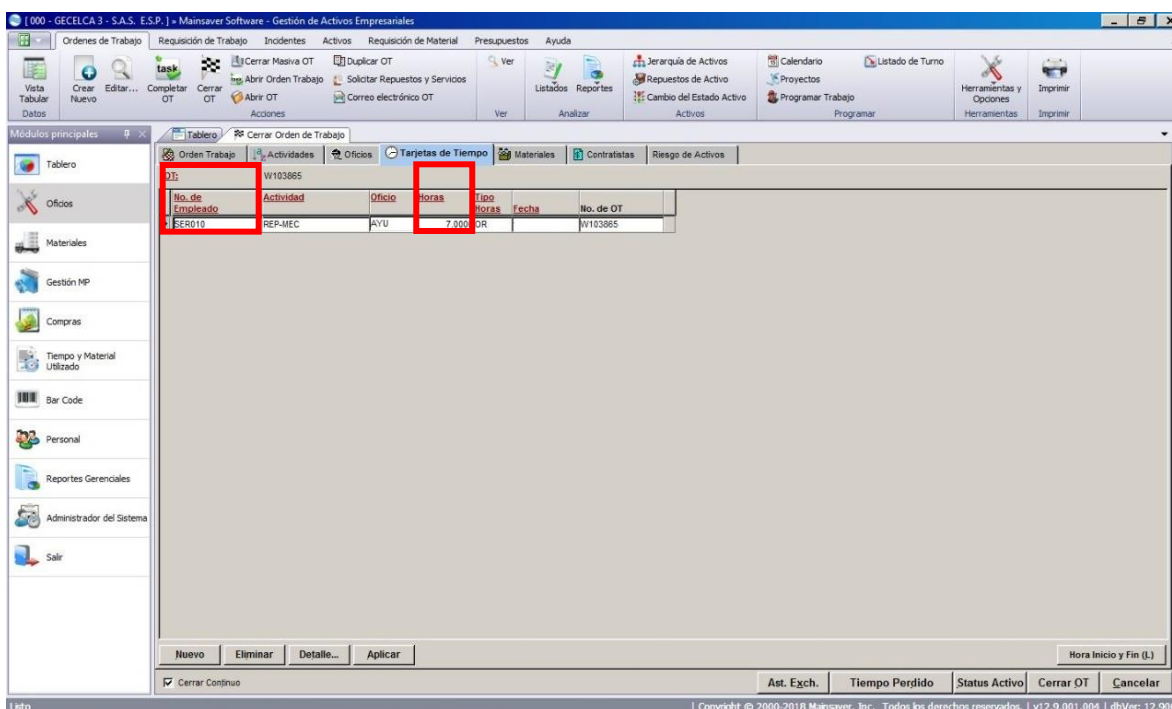
☒ Cerrar Continuo

Ast. Exch. Tiempo Perdido Status Activo Cerrar OT Cancelar

Copyright © 2000-2018 Mainsaver, Inc. Todos los derechos reservados. | v12.9.001.004 | dbVer: 12.9001

Fuente: Autores

Figura 31. El siguiente paso consiste en ingresar los tiempos que demoro la actividad, primero se busca el técnico al cual fue asignada la actividad donde dice No. de empleado para luego ingresar las horas trabajadas en la columna Horas. Finalizado esto se le hace clic en la casilla cerrar OTs y finalmente esta queda en estado de cerrada.



Fuente: Autores

7.5 Resultados

7.5.1 Infraestructura

Falta sistema de clasificación, impresora y 3 computadores para la oficina de practicantes para mejorar la gestión de mantenimiento en la empresa, junto con ello las condiciones de trabajo de los ingenieros, técnicos y practicantes de la empresa.

7.5.2 Personal

Aunque el personal rota mucho, ahora hay técnicos y operadores capacitados, es decir, que conocen el área, su función y como realizar las tareas de mantenimiento a los equipos.

7.5.3 Herramientas

Aun no se cuentan con más herramientas de las existentes en el taller para las labores de mantenimiento. Sin embargo, ya cuenta con un inventario de herramientas que se necesitan, realizado por el ingeniero practicante encargado del taller de herramientas.

7.5.4 Equipos

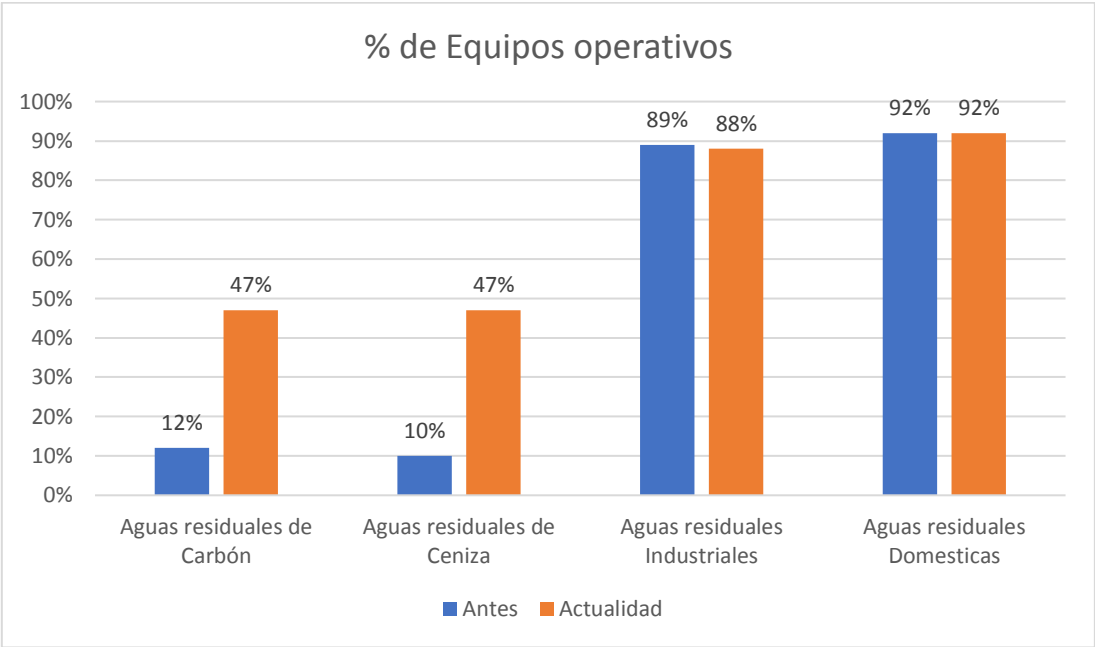
Habiendo realizado todas las actividades pertinentes se recuperan con éxito 24 equipos de 65 equipos no operativos, es decir, aproximadamente el 36%. El porcentaje restante son aquellos equipos que se encuentran en espera de material o en espera de un equipo nuevo. La figura 32 muestra una comparación del antes y después de la realización de este proyecto.

Tabla 7. Muestra la cantidad de equipos que se encuentran operativos actualmente y los que no.

Planta de tratamiento	Número de equipos	Número total de equipos operativos	Porcentaje de equipos operativos actualmente
Aguas residuales de Carbón	36	17	47%
Aguas residuales de Ceniza	30	14	47%
Aguas residuales Industriales	35	31	88%
Aguas residuales Domesticas	25	23	92%
TOTAL	126	85	67%

Fuente: Autores

Figura 32. En este grafico se muestra el Porcentaje de equipos operativos antes y después del proyecto.



Fuente: Autores

En la implementación de este proyecto se obtuvieron los siguientes gastos económicos:

Tabla 8. Costos generados en la implementación del plan de mantenimiento. En la tabla no se muestran los costos fijos.

Ítem	Descripción	Cantidad	valor unitario	valor total
1	Galón de Aceite Mobilegear 600 XP 220	4	\$ 40.590,00	\$ 162.360,00
2	Galón de Pintura epoxica roja Pintuco	2	\$ 92.200,00	\$ 184.400,00
3	Galón de Pintura epoxica gris Pintuco	2	\$ 88.900,00	\$ 177.800,00
4	Galón de Pintura epoxica negro	1	\$ 112.900,00	\$ 112.900,00
5	Liquido penetrante	3	\$ 23.800,00	\$ 71.400,00
6	Guantes de nitrilo	4	\$ 9.800,00	\$ 39.200,00
7	Electrodo E309L 1/8	4	\$ 17.686,00	\$ 70.744,00
8	Discos de desbaste	4	\$ 15.995,00	\$ 63.980,00
9	Grouting	6	\$ 10.790,00	\$ 64.740,00
			Total	\$ 947.524,00

Fuente: Autores

Tabla 9. Presupuesto aproximado para la compra de los repuestos necesarios para la puesta en marcha de los equipos no operativos que equivalen al 53%.

Ítem	Descripción	Cantidad	Parte No.	valor unitario	Valor total
1	Rodamiento	6222BC3	1	\$ 35.100,00	\$ 35.100,00
2	Rodamiento Superior	E2.6310-2Z	16	\$ 7.500,00	\$ 120.000,00
3	Rodamiento medio	6309	8	\$ 94.000,00	\$ 752.000,00
4	MECHANICAL SEAL	KL-100-35	16	\$ -	\$ -
5	Rodamiento inferior	3308 2RS	8	\$ 12.000,00	\$ 96.000,00
6	O-RING	DIAMETRO INTERNO: 110mm	32	\$ 600,00	\$ 19.200,00
7	O-RING	DIAMETRO INTERNO 120mm	2	\$ 800,00	\$ 1.600,00
8	ESPASADORES A TOPE	DIAMETRO INTERNO 50mm ESPESOR = 5 mm	24	\$ 300,00	\$ 7.200,00
9	Retenedor	TC 50-68-8-1	8	\$ 15.000,00	\$ 120.000,00
10	RODAMIENTO	6302	4	\$ 22.500,00	\$ 90.000,00
11	RODAMIENTO	6207	4	\$ 55.000,00	\$ 220.000,00
12	RODAMIENTO	6208	4	\$ 50.000,00	\$ 200.000,00
13	RODAMIENTO	6305	4	\$ 50.000,00	\$ 200.000,00
14	RODAMIENTO	6213N	4	\$ 100.000,00	\$ 400.000,00
15	RODAMIENTO	6215	4	\$ 198.000,00	\$ 792.000,00
16	RODAMIENTO EXCENTRICO	RN206	4	\$ 27.000,00	\$ 108.000,00
17	RODAMIENTO EXCENTRICO	RN309	4	\$ 60.000,00	\$ 240.000,00
18	ANILLO DE RETENCION	Nº14. ACERO SAE 1070	4	\$ 258,74	\$ 1.034,96

Continuación de la tabla 9

Ítem	Descripción	Cantidad	Parte No.	valor unitario	Valor total
19	RETENEDOR	TC 80-105-1-2	4	\$ 38.000,00	\$ 152.000,00
20	RETENEDOR	TC 45-62-1-2	4	\$ 30.000,00	\$ 120.000,00
21	Guaya (medida en m)	1/2"	20	\$ 13.000,00	\$ 260.000,00
22	Graseras	M10X1.5	14	\$ 800,00	\$ 11.200,00
23	Filtros, ver planos	Filtro tipo 1	12	\$ 700.000,00	\$ 8.400.000,00
24	Filtros, ver planos	Filtro tipo 2	12	\$ 700.000,00	\$ 8.400.000,00
25	TUBERIA PCV	TUBERIA PCV 1/2" X 6m SCH 40	4	\$ 13.500,00	\$ 54.000,00
26	TUBERIA PCV	TUBERIA PCV 1" X 6m SCH 40	8	\$ 24.900,00	\$ 199.200,00
27	TUBERIA PCV	TUBERIA PCV 1 1/4" 6m SCH 40	5	\$ 44.000,00	\$ 220.000,00
28	BALL VALVE	PVC DN 1/2"	12	\$ 1.700,00	\$ 20.400,00
29	BALL VALVE	PVC DN 1"	14	\$ 3.700,00	\$ 51.800,00
30	BALL VALVE	PVC DN 1 1/4"	8	\$ 24.900,00	\$ 199.200,00
31	VALVULA UNIVERSAL PVC	PVC DN 1 1/4"	8	\$ 24.000,00	\$ 192.000,00
32	VALVULA UNIVERSAL PVC	PVC DN 1"	6	\$ 8.000,00	\$ 48.000,00
33	UNION UNIVERSAL PVC PARA ROSACAR	PVC DN 1 1/4"	15	\$ 24.900,00	\$ 373.500,00
34	UNION UNIVERSAL PVC PARA ROSACAR	PVC DN 1/2"	15	\$ 9.900,00	\$ 148.500,00
35	UNION UNIVERSAL PVC PARA ROSACAR	PVC DN 1"	15	\$ 14.900,00	\$ 223.500,00
36	ENTRADA AL TANQUE	PVC DN 1"	6	\$ 8.000,00	\$ 48.000,00
37	SALIDA DEL TANQUE	PVC DN 1"	10	\$ 7.000,00	\$ 70.000,00
38	CODO 90°	PVC DN 1/2"	26	\$ 900,00	\$ 23.400,00
39	CODO 90°	PVC DN 1"	20	\$ 1.650,00	\$ 33.000,00
40	CODO 90°	PVC DN 1 1/4"	10	\$ 4.300,00	\$ 43.000,00
41	TEES	PVC DN 1/2"	8	\$ 1.200,00	\$ 9.600,00
42	TEES	PVC DN 1"	16	\$ 2.000,00	\$ 32.000,00
43	TEES	PVC DN 1 1/4"	16	\$ 6.300,00	\$ 100.800,00
44	CODOS 45°	PVC DN 1"	8	\$ 2.450,00	\$ 19.600,00
				Total	\$ 22.854.834,96
				10% AUI	\$ 2.285.483,50
				Total + AUI	\$ 25.140.318,46

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta lo anterior, para la empresa es más viable la restauración de los equipos que realizar un cambio puesto que el costo de los elementos necesarios para la restauración equivale a \$25.140.318,46 pesos y la compra de una bomba tiene un costo aproximado de 200 millones de pesos de las cuales se requerirían 10. Los equipos que no quedaron operativos están almacenados y clasificados en el taller, limpios y pintados para ser instalado al momento de la llegada de los repuestos. Por otro lado, el costo y contratación de la limpieza de la piscina de carbón y ceniza entra dentro del presupuesto del área de producción donde la encargada es la ingeniera química jefe de turno.

7.6 Aportes del estudiante

Durante la implementación de se realizaron los siguientes aportes en pro del mejoramiento del sistema de gestión de mantenimiento, para la empresa GECELCA 3 fueron los siguientes:

- Realización de un Manual para el equipo de Floculación con soporte en el Anexo B.
- Realización de un documento que contiene características del equipo, las herramientas para desarme y armado para disminuir los tiempos muertos debido a la gran distancia que se debe recorrer para llegar al sitio. Anexo C.
- Realización de planos para la empresa con soporte en el Anexo D.
- Apoyo y acompañamiento en tareas de mantenimiento tales como supervisión, apertura de permiso de órdenes de trabajo.
- Realización de inventario de repuestos de los equipos Anexo E.
- Actualización de las cartas graficas de lubricación del área de aguas residuales de carbón y ceniza, realizando toma de fotos de los puntos de lubricación, y el lubricante a utilizar con la ayuda de la carta plana de la empresa y el plan de lubricación realizada por la empresa SKF. Ver anexo F

8 Conclusiones

A partir de la experiencia vivida en esta práctica empresarial se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Se logro aumentar la cantidad de equipos operativos de la planta de aguas residuales de carbón y ceniza en un 36% aproximadamente. Donde el 53% faltante son equipos que se encuentran en espera de repuestos para quedar en servicio o en espera de equipos nuevos.
- La gestión de mantenimiento no es un trabajo de una sola persona todos estamos involucrados Ingenieros, técnicos y operadores por lo que la comunicación es fundamental para la buena práctica de mantenimiento de esta forma con la realización de este proyecto se obtuvieron técnicos capacitados para la realización del mantenimiento de los equipos del área de aguas residuales y operadores con mejores conocimientos acerca del sistema.
- La utilización de formatos y documentos ayudan en gran medida el mantenimiento de los equipos disminuyendo tiempos muertos y recursos económicos de la empresa y ayudando a mejorar la organización y mejoramiento del sistema de gestión.
- Para la empresa es más rentable la restauración de los equipos que el remplazo de unos nuevos puesto que en la implementación se gastó aproximadamente el 0,0045% del presupuesto total de mantenimiento mecánico, y para habilitar los equipos pendientes se requiere el 0,1197% del presupuesto anual, es decir un total de 0,1242% en comparación con un 0,952% con el remplazo de equipos
- Las tareas administrativas tales como la apertura de permisos, la impresión de ordenes son las que más tiempos muertos tiene, y atrasan la realización de las actividades y con ello el proyecto.

9 Recomendaciones

- Gestionar la limpieza, recolección y clasificación de los motores, piezas y elementos que se encuentran en el área de tratamiento de aguas residuales para disminuir la incursión de animales peligrosos tales como serpientes y evitar posibles incidentes o accidentes hacia los trabajadores.
- Adecuar un espacio para la recolección de motores y partes que se encuentran en los sitios.
- Realizar recolección de chatarra.
- Tener en cuenta que al técnico Santiago Torres ya cuenta con un amplio conocimiento y experiencia en el mantenimiento de bombas.
- Para el mantenimiento de los floculadores tener en cuenta los planos y el siguiente documento “Floculador RACB”. Buscar alternativa de transporte de agua en el procedimiento de mantenimiento de este equipo.
- Mejorar la infraestructura del área de aguas residuales de ceniza ya que esta presenta inundaciones en temporada de lluvias.
- Antes de realizar una tarea en el área de aguas residuales de carbón y ceniza identificar si se realizara el encendido de las bandas transportadoras de carbón, para evitar atrasos y tiempos muertos. En caso de que el operador tenga que realizar dicho encendido, comunicar la situación al jefe inmediato.
- Tener buena comunicación con los técnicos e ingenieros para mejorar el trabajo en equipo.
- Cada vez que se acerque al área trate de detectar posibles problemas en el sistema de forma visual, auditiva y sensorial ejemplo, fugas, ruidos extraños etc.
- Realizar la compra de una impresora exclusiva para el taller de mantenimiento mecánico y mejorar así los tiempos muertos.

10 BIBLIOGRAFIA

- Alba, I. S. (2010). Tratamiento de aguas procedentes de una central térmica de ciclo combinado mediante procesos de oxidación avanzada.
- BUELVAS, M. F. (2014). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- CARVAJAL, L. G. (2011). *ESTIMACIÓN DEL CONSUMO BÁSICO DE AGUA POTABLE EN COLOMBIA*. SANTIAGO DE CALI: UNIVERSIDAD DEL VALLE.
- CORANTIOQUIA- CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MAS LIMPIA. (2016). *Lavadero de Camiones- Manual de Gestion del Recurso Hidrico*.
- Corte Constitucional, C. S. (1991). *CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991- Actualizada con los Actos Legislativos a 2016*.
- District, S. N. (2010). Mantenimiento preventivo para sistemas individuales de depueracion de aguas residuales.
- GASCA, R. D. (2014). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA AGROANGEL.
- Gecelca.com.co. Gecelca S.A. E.S.P. - GECELCA S.A. E.S.P. - Energía que construye futuro. [online] Available at: <https://www.gecelca.com.co/>
- Gecelca.com.co. (n.d.). Gecelca S.A. E.S.P. - Comercialización Energía Eléctrica. [online] Available at: <https://www.gecelca.com.co/index.php/servicios/comercializacion-de-la-energia-electrica>
- Gecelca.com.co. (n.d.). Gecelca S.A. E.S.P. - Comercialización Energía Eléctrica. [online] Available at: <https://www.gecelca.com.co/index.php/servicios/comercializacion-de-la-energia-electrica>
- Villegas, I. E. (2011). Mantenimiento. En I. E. Villegas.

